

山形大学紀要(工学)第15巻 第1号 昭和53年2月
Bull. of Yamagata Univ., Eng., Vol.15, No.1, Feb. 1978

消雪システムに関する研究

安濃 恒友*・高梨 良一**・斎藤 周次*

* 工学部 電子工学科

** 工業短期大学部 情報工学科

(昭和52年9月27日受理)

1. まえがき

狭い日本の国土の中で、一億以上の人々が生活を営むためには、比較的人口密度の小さい東北や北海道等に“定住圏”を拡大し整備する必要があることは、最近国土庁が発表した計画⁽¹⁾においても強調されている通りである。しかしこれらの地域において、過疎や出稼ぎ等が問題となり、工場や大学等の誘致も思うにまかせない原因として、寒冷、多雪等を挙げる事ができる。この点については、特に雪の多い米沢の市制施行以来の発展状況を見れば明らかである。この地に設立された我が工学部にとって、雪の害を除きその利用を計るべく、工学的な立場から研究を進める事は、地域社会に貢献する意味からも重要な課題であると言えよう。

本学部においては、主として産業研究所を通じて、山形県や米沢市の委託研究の形で、雪に関する調査研究を行って来たが^{(2)~(4)}、当研究室でも、後にその経過を述べる通り、県の委託を受けて関連する研究を行って来た。

この種の研究は、学際的或いは総合的なものであり、また理論に偏ることなく、変幻極まりない自然の状況に適応するものでなければならない。この意味で、産業研究所を中心として昭和45年以来 雪害対策懇談会を催し、本学部のみならず、地学、物理学関係の教授、県及び市の関係者、東北電力、日本地下水開発等の会社の方々と懇談する機会をつくり、現在も継続して実績を上げている。また、これらの研究を促進する意味で、昭和51年度には文部省より特定研究費を受け、化学(松尾研)及び機械(梅宮研)との協力によって一段と研究を進展させることができた。

本報告は、これらの経過の間に行われた、省エネルギーの意味での最適化を追求する消雪システムに関する研究の結果及びその推進すべき方向と展望についてまとめたものである。

2. 消雪に関する研究のこれまでの経過

本研究は、昭和43年度に「積雪量の検出および消雪の制御」というテーマで、山形県より研究費を受け、大内、中津山、西塚の三研究員と共同研究に着手した事に始まる。即ち、43年度は積雪の検出、44年度は引き続き積雪検出の特性向上を計ると共に、消雪部としてのロードヒータの特性測定、そして45年度は前二ケ年の成果をもとにして、検出部と

消雪部を総合した消雪システムについて検討するという三ヶ年継続の研究であった。

消雪のためのエネルギー源としての電力や地下水は貴重な資源であるから、これを可能な限り有効に利用しようとするなら、対象となる雪の有無をどの様に検出するかという事が重要な課題となる。それには、種々の方法が考えられるが、光電的な方法（大内）、放射線を利用する方法（中津山）、重量の変化として検出する方法（西塚）と共に、筆者らは静電的な方法を分担して検討した⁽⁶⁾。

この方法は、二枚の平行平板電極間に積もる雪の量を、電極間の静電容量の変化として検出しようというもので、併せて電極間の損失抵抗の変化として検出する方法も考えた。静電的な方法では、当初1.6 [PF/cm] 程度の検出感度であったものが、極板の配置を変える等の改良により、感度を10 [PF/cm] 程度にまで高める等の成果が得られた⁽⁶⁾。

この三ヶ年の研究を通じて多くの知見が得られたが、その後の研究に影響を及ぼした事の一つは、消雪を効率よく行うためには、多くの場合、積雪を検出するのではなく、降雪を検出した方が良いという点である。それは積雪が或る量に達してからロードヒータに通電する方法であると、路面温度が消雪できるまでに上昇するのに時間がかかり、この間に積雪が増加を続けるという、いわゆるロードヒータのむだ時間及び時間おくれ特性の影響が大きいためである。そしてこの傾向は、消雪システムの効果が期待される、降雪量の多い場合に著しい。そこで、ロードヒータの通電を降雪の有無によって行う事を考え、45年度に光電形のものについて検討を行い⁽⁷⁾、46年度には更に良い特性を得るために種々の方式について検討を進め、抵抗変化形（傘形）の検知器を開発した。この形の検知器については、47年度より二年間継続で、「降雪量の検出に関する研究」として再度山形県より研究費を受けて研究を進め、降雪の検出感度を0.06 [cm/min.] にまで向上させることに成功した^{(8)~(9)}。また、49年度より積雪の量的測定⁽¹⁰⁾、50年度より降雪の量的測定⁽¹¹⁾についても研究を進めて来たが、これらについては検知器の詳細と併せて別に報告する。

消雪システムの始動、停止を決める信号については、それまでは、積雪量がある“いき値”に達したかどうかという積雪量検知器からの単一信号に依存していた。しかし、抵抗形検知器では、原理的には降雨に対しても動作することから、雨と雪の区別をするために外気温の検出を付加し、これら二個の検知器の信号の組み合わせによってシステムの動作を決める事とした。また、雪が降り止んで、抵抗形降雪検知器からの信号が無くなっても、路上に積雪が残っている場合には、消雪を続けねばならないので、その動作を決めるための融雪検知器を加えて三信号とし、更に路面の凍結防止動作を付加するために路温検知器を加えて四信号動作とするなど、消雪システムの高度化も計られた⁽¹²⁾。この四信号の組み合わせのどの様な場合にシステムを動作させることが最も効果的かという問題については、実際に起り得るあらゆる状況を考えて論理式で表現し、そこから得られる論理信号で制御する一方式を選んで、49年度に二ヶ月間連続して稼動させた結果、実用に供し得るものであることが確かめられた^{(13)~(14)}。これらの研究は、50年度以降も継続して行い、51年度には、「雪害防止方法の改善とこれに要するエネルギー資源の有効利用」（安濃、松尾、梅宮、高梨）で特定研究費を受け、エネルギー最小消費システムの開発を分担研究した。ロードヒータとしては、200 [W/m²]、300 [W/m²] 及びこれらの二段切替ができる三種類を対象として実験を行ったが、外気温、降雪量等によってそれぞれに適、不適があることが明らかになった。

3. 消雪システム

3.1 消雪のための制御方式

消雪等を目的として、ロードヒータに通電するかどうかは、気象状況や路面の状態によって決められるので、それには降雨、降雪、凍結、積雪、路面水分等についての情報が得られなければならない。これらは降雪（雨）、外気温、路温、融雪水の四つの状態の組み合わせによって把握できるものと考え、それぞれに定める“いき値”を境とした二値信号に変換して取り扱うこととする。

四種の状態量から生ずる二値信号の組み合わせは16通り考えられ、その各々に対して、ロードヒータに通電するかどうかを任意に決めるとすれば非常に多くの場合が起り得る。その中から実際の場合を想定して、第1表のA、B二通りにしぼり、更に、電力の使用効率や検知器の感度等を考慮した結果、第1表のAの組み合わせで実験を行うことにした。これを論理式で表わすと(1)式の様になる。

$$d = S_F \cdot \Theta_A \cdot \Theta_R + S_M \cdot \Theta_R \quad (1)$$

ここで

d : 消雪装置制御（二値）信号

S_F : 降 雪（二値）信号

Θ_A : 外気温（二値）信号

Θ_R : 路 温（二値）信号

S_M : 融 雪（二値）信号

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
降 雪 ・ S_F	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
外 気 温 ・ Θ_A	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
路 温 ・ Θ_R	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
融 雪 ・ S_M	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
消雪制御 ・ d	A	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
	B	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1

第 1 表

(1) 式では、 d の論理値が1になれば、ロードヒータの印加電力はその定格値である。しかし、同じ第1表のAの適用を考えるにしても、ロードヒータのむだ時間や時定数等を考慮して、降雪が始った時や、積雪のあるところに降雪が重なったような場合には定格電力を印加するが、路面凍結防止等の目的のためには、定格値の2/3から1/2程度の電力を印加するということも考えられる。このようにすれば、電力の消費が更に少なくて済む場合のあることも考えられるが、次に示す論理式はその一例である。

$$d_H = S_F \cdot \Theta_A \cdot \Theta_R \quad (2)$$

$$d_L = \Theta_R \cdot S_M \cdot \overline{S_F \cdot \Theta_A} \quad (3)$$

ここで、

d_H ：印加電力を定格値とする制御信号

d_L ：印加電力を定格値の $2/3 \sim 1/2$ とする制御信号

3.2 消雪システムの構成

本研究で用いた消雪システムは第1図のような構成である。以下にその概要を述べる。

検出部

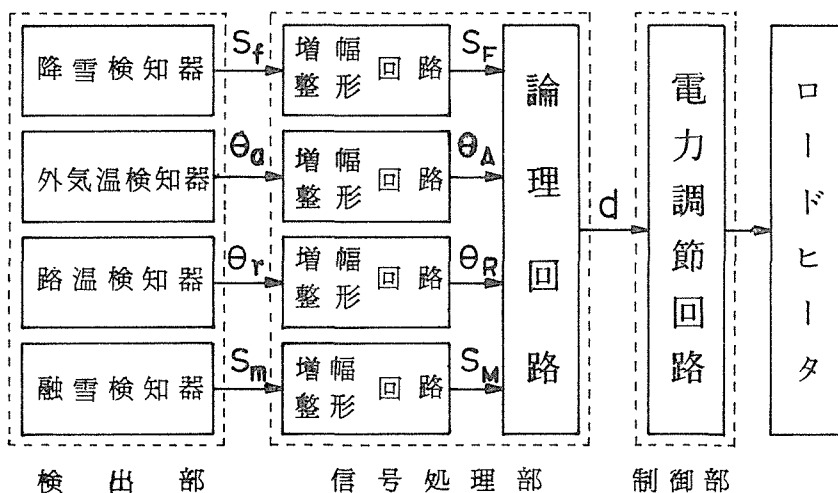
検出部は、前述のように次の四種の検知器から成っている。

降雪検知器⁽⁹⁾：抵抗変化形の検知器を使用しており、その検出感度は降水量換算で 0.01 [mm/H] 程度である。

外気温検知器：サーミスタを含むブリッジ回路から成っており、検出感度は 0.5 [°C] 程度である。

路温検知器：外気温検知器と同じ構造で、路面下 3 [mm] 程度のところに埋設されている。

融雪検知器：降雪検知器と同じ原理で、路面水分や積雪を検出する。

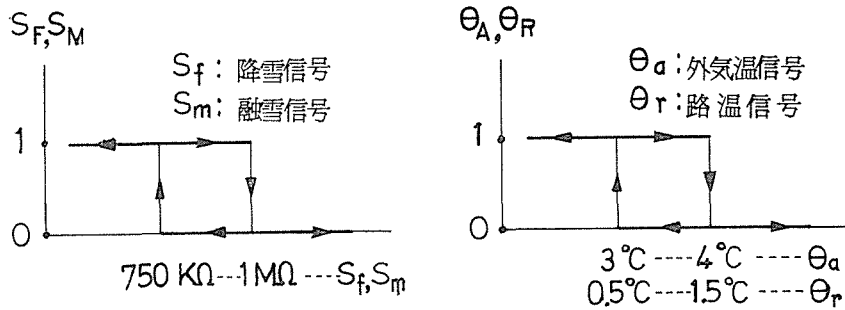


第1図 消雪システムの構成

Fig.1 Schematic diagram of the snow melting system

信号処理部

信号処理部は、上述の検出部からの信号を増幅整形して二値信号に変換する部分と、これらの二値信号を組み合わせて、(1)式の制御信号を作り出す論理回路とから成っている。連続的な検出信号を二値信号に変換する部分では、システム全体の動作を安定させるために、予備実験や観測資料より求めた“いき値”に対して、第2図のようなヒステリシスを持たせてある。



第2図 検出信号対二値信号変換特性

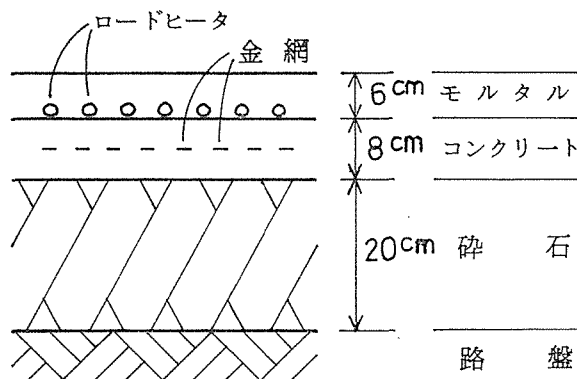
Fig.2 Characteristics of two-valued signal vs. sensing signal

制御部

制御部は双方向性サイリスタを用いた電力調整回路で、位相制御により、印加電力を調整できるようになっている。

ロードヒータ

ロードヒータは幅6[m]、長さ8.5[m]で第3図のような断面を持つ実験用消雪道路に埋設されており、埋設部における路温上昇の時間的变化を調べてみると、測定時の風速や外気温により相当の変動が見られるが、大略、むだ時間が7分～12分位、時定数は100分～240分位である。



第3図 消雪道路の断面

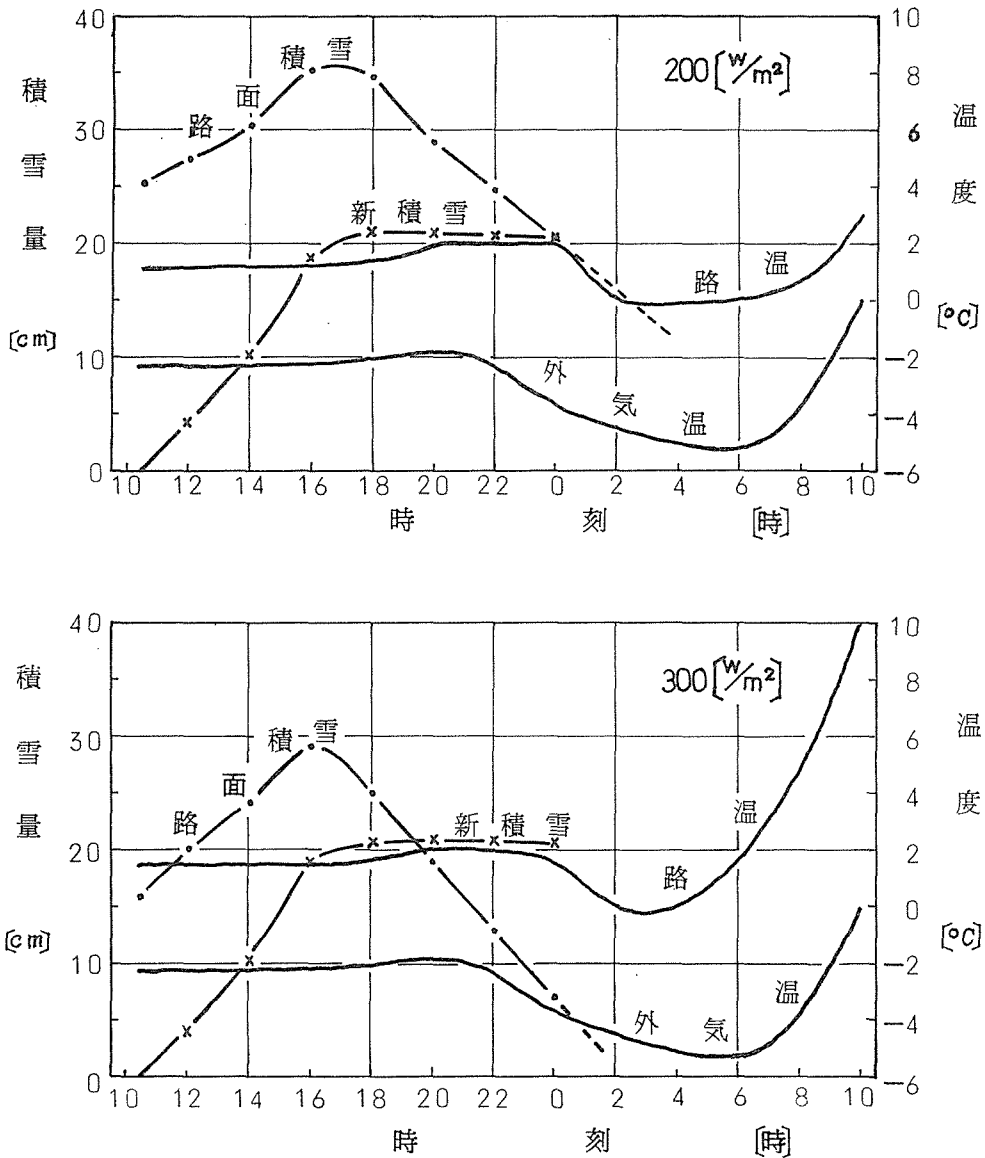
Fig.3 Cross-section of the snow melting road

4. 消雪システムの特性

4.1 ロードヒータの消雪特性

第4図は路上に積雪があり、そこに降雪が重なった場合のロードヒータの消雪能力を測定した一例である。

路面積雪と新積雪との差から、 $200 \text{ [W/m}^2\text{]}$ および $300 \text{ [W/m}^2\text{]}$ のロードヒータの消



第4図 ロードヒータの消雪特性

Fig.4 Snow melting characteristics of the roadheater

雪能力は、それぞれ、約20 [mm/H] および30 [mm/H] であることがわかる。この例では、測定開始と同時にロードヒータに通電したが、通電後十分な時間を経過した後も積雪が増加しているのは、ロードヒータの消雪能力以上の降雪があった事を意味している。米沢では、短時間にはこのような強度の降雪もしばしば観測されるが、一日を単位として考えた場合には、付録の観測資料からも明らかなように、ロードヒータを200 [W/m^2] とすれば消雪しきれない場合が見られるものの、300 [W/m^2] とすれば、これによ

ってなお不十分と考えられる場合は殆んど無いと見てよい。従って、米沢では $300 \text{ [W/m}^2\text{]}$ のロードヒータで充分であると言えるが、同時に、 $200 \text{ [W/m}^2\text{]}$ で間に合う場合も多いので、この点からも、印加電力を切替える方法の妥当性が指適される。

4.2 消雪システムの動作例

消雪システムを動作させた場合の一例を第5図に示す。この例では、ロードヒータの電力が $200 \text{ [W/m}^2\text{]}$ で、15時より19時20分までの積電は 110 [mm] であった。この間に、ロードヒータの埋設部の路面状況を観察した結果は第2表のようである。

観 察 時 刻	16:40	18:45	19:15	19:40	20:00
路 面 積 雪	0	30mm	20mm	15mm	2~3mm

第 2 表

15時より16時までは路温が高かったために、ロードヒータは通電されていないが、この間の積雪は 10 [mm] 程度であり、実験用道路上では自然に消えている。18時より18時50分までは、約 50 [mm] の新しい積雪があり、ロードヒータの消雪能力を越えているため、18時45分に 30 [mm] の積雪が観測されている。20時頃までは消雪のために、それ以後は路面凍結防止のために動作していると見られる。

以上の動作例は、車はもちろん人も通さない状態で観察されたものであり、交通量の多い実際の道路では、車の通行等により、これとはかなり違った状態が現われるものと考えられる。

4.3 連続稼動特性

3.1の(1)式に示す制御方式で、一月上旬より二ヶ月間消雪システムを連続して動作させた結果を第3表に示す。

稼 動 時 間	1440 [H]
ロードヒータに通電した時間	312 [H]
消 雪 時 間	194 [H]
降 雪 量 (降水量換算)	301 [mm]

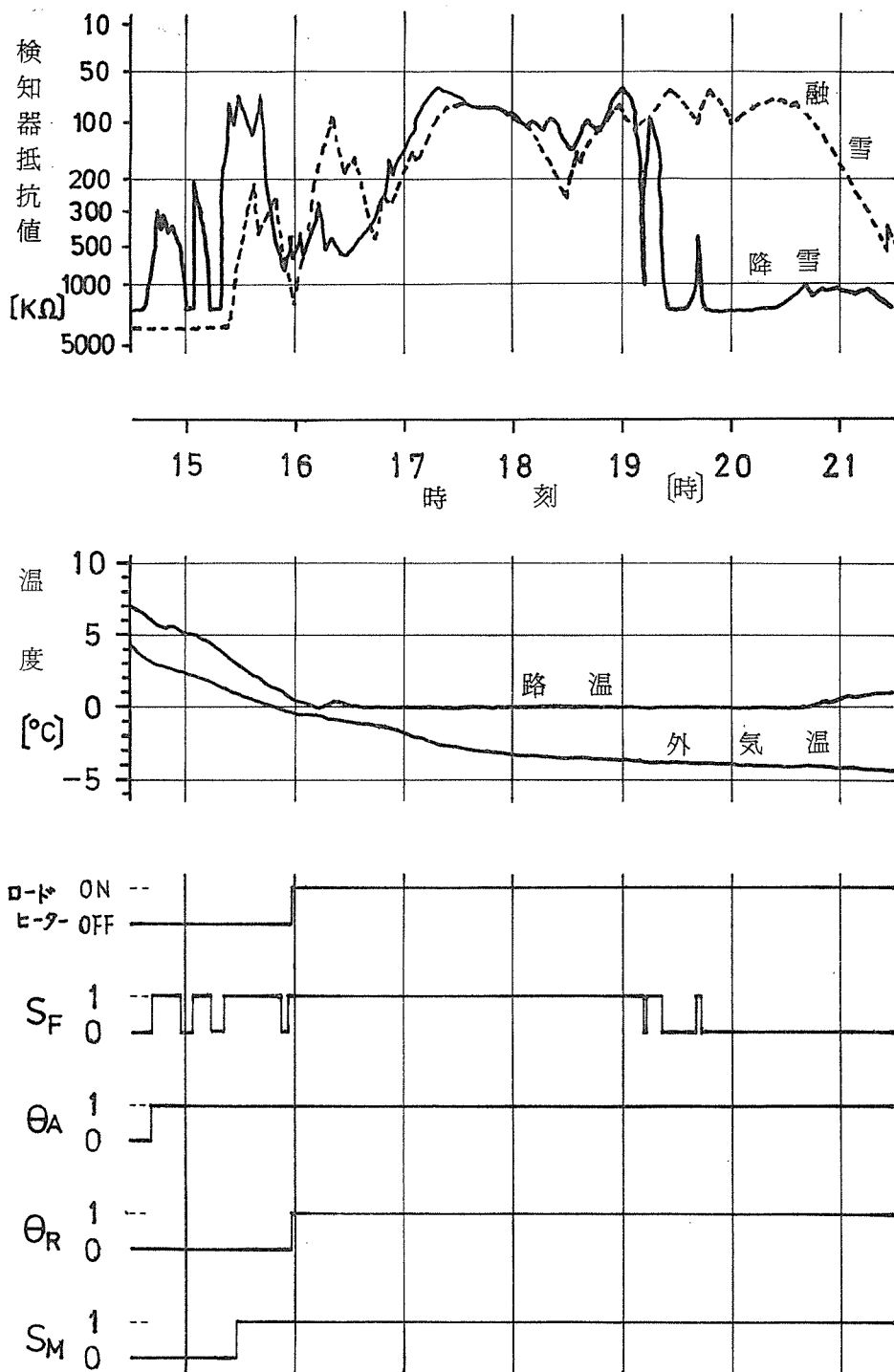
(a)

	7:00~19:00	19:00~翌朝7:00	計
消 雪 時 間	73 [H]	121 [H]	194 [H]
凍 結 防 止 時 間	41 [H]	77 [H]	118 [H]
ロードヒータに通電した時間	114 [H]	198 [H]	312 [H]

(b)

第 3 表

第3表(a)より、ロードヒータ(この例では $300 \text{ [W/m}^2\text{]}$)に通電している時間は、システムの稼動時間全体の約21.6%であり、そのうち消雪に費やされたのは約13.5%である。その間にこの消雪システムは、降水量換算で平均 1.55 [mm/H] の消雪を行ったことになる。この実験期間中には、外気温 $0 \text{ [}^\circ\text{C]}$ で降雨という、かなり珍しい気象条件に遭遇したが、路温が設定値に達せず、ロードヒータには通電しないことが確認された。これらの事から、この制御方式は実用上の評価に耐えうると考えてよいように思われる。



第5図 消雪システムの動作例

Fig.5 An operating example of the snow melting system

第3表(b)は消雪システムの自動化の必要な事を示している。即ち、昼間(7:00~19:00)は手動で操作するとしても、夜間(19:00~翌朝7:00)は夜勤の操作員でも置かない限り、その間の降雪に対して消雪システムは無効化してしまう。それだからと言って、夜間だけでもロードヒータに通電したままにしておけば、この例では自動化した場合の3.6倍もの電力を消費することになり、これも現実的ではない。このことは、地下水で消雪する場合にもそのまま当てはまり、消雪システムの自動化は、省エネルギーの観点からは不可欠の事と考えられる。

5. 消雪システム研究の方法論と発展の方向

本研究を更に発展させるべき方向、並びにこれらの研究を促進するための方法論について、当研究室及び特定研究のグループにおいて進行中のもの、準備中のもの、そして将来の発展の見通し等を論ずる。

5.1 省資源と環境保全

3章および4章においては、主に省エネルギーの立場から、ロードヒータによる消雪システムの制御方法を論じて来たが、地下水を用いた消雪システムの場合も同様に考える事ができる。これに関連するものとして、前述の特定研究の中の機械、化学部門の研究について、省資源と環境保全の意味も含めて述べる。

世界中で最も水資源に恵まれていると言われて来た我が国においても、産業、生活の近代化、高度化に伴い、その使用量が年々増大し、「水の日」が設けられたことから明らかなように、水の節約が要求される時代となって来た。また一方では、地下水のくみ上げ過ぎによって、枯渇や地盤沈下等が問題とされるようになって来ている。これらの状況に照らして、機械部門(梅宮研)では「夏期に地下水をくみ上げて冷熱源として使用した後、その温水(約25[°C])を別の井戸から注入し、冬には消雪に使用した後の冷水(約2[°C])を地下に注入して蓄積する方式」の研究を進めている。即ち、夏の温熱と冬の冷熱とをそれぞれ半年間蓄えて、相互に有効に活用する事による省エネルギー効果と、水を循環利用する事による省資源効果との両面を追求しようと言うものである。しかし、このような水の循環、蓄積によって、地下水や河川を汚染するような事があっては、重大な環境公害を生ずる事になる。これについては、化学部門(松尾研)において、米沢周辺の河川の水質調査を多年にわたって続けており、更に一般的な水質の測定、監視の方法、汚染防止の方法等を検討している。その一つとして、工場排水に関するJIS K0102, 1974, の分析項目五十数種のうち、この場合の人工かん養水のように、水量が多く流動している場合の自動測定に適するものを選び、導電率、水素イオン濃度、溶存酸素等を取り上げて、必要にして充分ともいべき効率的な方法を探求している。

一つの消雪システムについても、以上のようにそれぞれ関連する分野について総合的な研究を行う事が必要であり、今後この方向での最適システムの探求を目指す必要がある。

5.2 環境条件のモデル化とシミュレーション技法の応用

この米沢は、種々の雪質で大量の雪が比較的長期にわたって観測される土地柄であり、雪を対象とした研究には恵まれた環境にあると言える。しかしながら、付録の観測資料が

らも明らかなように、気象条件に関する種々のパラメータのあらゆる組み合わせが容易に出現するわけではなく、野外実験によってそれを捕捉し尽すことは極めて困難である上に、長い年月が必要とされる。このような観点から言えば、直接自然のみを相手にするという方法だけではなく、複雑な自然現象や環境条件をモデル化することにより簡明な表現として取り扱う方法や、統計的な処理を加味したシミュレーション技術を適用する方法等も検討する必要がある。

（１）省エネルギー、省資源の立場から、消雪システムの最適化を計ろうとする場合、極めて複雑な諸条件を考えねばならない。例えば、気温、湿度、風向、風力、日照等の気象条件の他にも、地形、地温等の自然条件、又、道路の場合では舗装材料やその色彩、人間や車輛の交通量、周辺の建造物（例えば、柱一本、立木一本でも）等、更に屋根については、形状、傾斜、表面材の材質や色彩等の直接的な条件が考えられる。この他、資源、エネルギー問題を含む政策的条件、環境保全等の社会的条件、経費等の経済的条件に至るまで、総てを尽し、そのパラメータを数量的に把握する事は難かしい。

ここに、工学的立場からモデル化が考えられるべきものと思うが、その第一歩とも言うべき小さな一例を提示する。

付図の最高、最低温度は、付録に記したような条件で測定したものであるから、最低温度は最低気温より $2 \sim 3$ $^{\circ}\text{C}$ 高く、最高温度は悪天候の場合は最高気温との差が $2 \sim 3$ $^{\circ}\text{C}$ であるが、晴天の場合にはその条件によって 10 $^{\circ}\text{C}$ 以上も異なることがある。しかし、道路や屋根の場合も、日照によって気温とその表面温度とは大きく異なる場合が多く、これらの温度は、気温そのものよりも、周囲の状況（建物等）や日照等の影響を加味した総合的な条件のモデル的温度と考える事ができる。更に前述の諸条件を加味し、消雪等の目的に応じた等価温度のようなものを考える事により、自然現象や環境条件を包含した簡素なモデルの一例が得られるものと考えられる。

（２）一方、自然を相手とする場合には付図によっても明らかなように、降雪量、積雪量だけをとり、長期にわたって確定的な意味で予測することは困難であるから、過去の観測資料を統計的に処理し、これを基にして降積雪をモデル化すれば、前項に述べた消雪条件のモデル化と合せて、消雪システムのシミュレーションを実行する事ができるようになる。その一環として、米沢における降雪状況を、その継続時間と降雪の強さに基づいて何種類かに分類し、各パターンの年間出現回数及び、或る期間毎の出現回数を調査中である。このように、多変数の出現回数の分布を知る事ができれば、これらを確率変数として処理し、モンテカルロ的手法を適用することも可能と考えられる。

5.3 研究のシステム化とシステム工学的方法論の適用について

先にも述べたような東北、北海道等の雪寒地帯の定住圏化のためには、雪害対策は特に重要である。その中で、交通の確保だけを取り上げて、これまでに論じた電気や水による消雪の他に、機械力による方法や山間部のなだれ防止に関する建設・土木工学的方法等を挙げることができるよう、広範囲にわたる組織的、総合的な研究が必要である。一方、雪害、寒害という立場とは反対に、これらを積極的に利用するという考え方も、最近では意識的に取り上げられるようになって来た。例えば、スキー、スケート、登山等のスポーツやレジャーが産業の一部門の観を呈している。そこで融雪を抑制してこれらの期間を

長くするとか、これを水量調節に利用してダムの効果を強化するとか、更に、気象学、地学等との協同研究により、降雪地点の制御の可能性を検討するなど、多様な試みが行われべきであり、そのためには研究計画のシステム化が必要となってくる。

また、これらの広汎かつ多様な研究を行い、これの実現を計るためには、その組織、計画、実施の諸段階、更に実施に伴う外部への影響に関する配慮に至るまで、システム工学的方法⁽¹⁵⁾を適用して、組織的に発展を計るべきものと考える。

6. あとがき

本論文においては、消雪に関する当研究室のこれまでの研究経過を述べ、特に気象条件や道路の状況に基づく複数の情報の論理的組み合わせによって、消雪システムを制御する具体的方法を提案し、省エネルギーの意味での実験を行った結果について報告した。

これは、自然のあらゆる条件を尽したものではなく、これを追求するための第一歩を印したものに過ぎないが、この意味において研究を推進すべき方向について考察を行った。

更に、消雪システムの研究に関する展望、並びに、消雪のみならず利雪の面を含めた研究のシステム化と、これらの研究を遂行する際の方法論についても言及した。

謝 辞 終りに、御協力を賜りました本研究室の諸氏、並びに電気、機械、化学系の諸先生に感謝の意を表し、ご研究の一層のご発展をお祈り致します。

また、文部省特定研究費および産業研究所の研究費（山形県依託研究）をいただき、本研究が促進されましたことに対し、厚くお礼申し上げます。

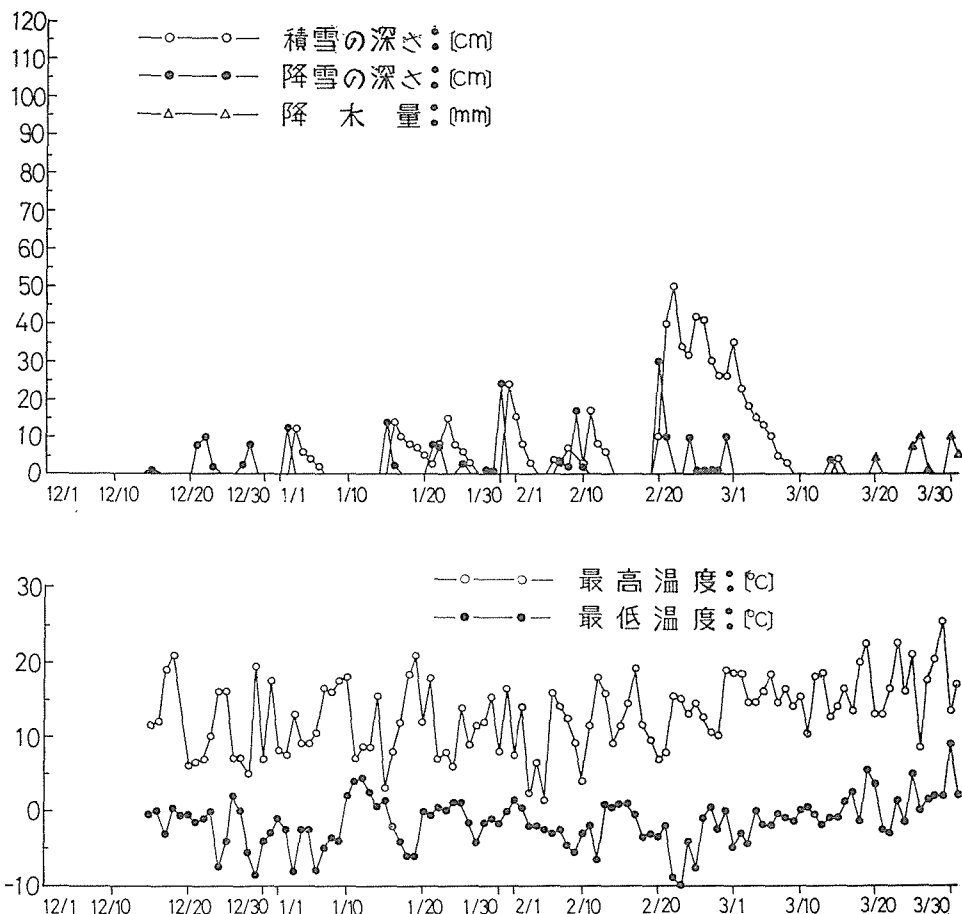
文 献

- (1) 国土庁：第三次全国総合開発計画（試案），（昭52）
- (2) 井上，上原：積雪の消雪促進に関する研究，産研，**No.25**，pp.39～42，（昭41）
- (3) 大沢，阿部：積雪地帯における放射性降下物の研究，産研，**No.27**，pp.16～17，（昭42）
- (4) 高橋，井上：積雪の消雪促進に関する調査，産研，**No.27**，pp.53～56，（昭42）
- (5) 安濃他：積雪量の検出および消雪の制御，産研，**No.31**，p.47，（昭44）
- (6) 安濃他：積雪量の検出および消雪の制御，産研，**No.33**，p.56～57，（昭45）
- (7) 安濃他：積雪量の検出および消雪の制御，産研，**No.35**，p.41，（昭46）
- (8) 安濃他：降雪量の検出に関する研究，産研，**No.39**，p.11，（昭48）
- (9) 斎藤，高梨，安濃：消雪のためのエネルギーの効率的な利用について（第一報）昭和48年度日本雪氷学会秋季講演予稿集，**113**
- (10) 梅津，安濃：簡易型の雪面検出計，第18回自動制御連合講演会前刷，**4004**，p.515，（昭50）
- (11) 斎藤，安濃：簡易型降雪検知器，昭和51年度電気関係学会東北支部連合大会予稿集，**1C3**，p.84
- (12) 安濃他：降雪量の検出に関する研究，産研，**No.41**，pp.15～16，（昭49）

- (13) 安濃他：降雪量の検出，産研，No.43，p.14，（昭50）
- (14) 斎藤，高梨，安濃：消雪のためのエネルギーの効率的な利用について（第二報）
昭和50年度日本雪氷学会秋季講演予稿集，178
- (15) 例えば，A. D. Hall，熊谷他訳：システム工学方法論，共立出版，（昭44）など

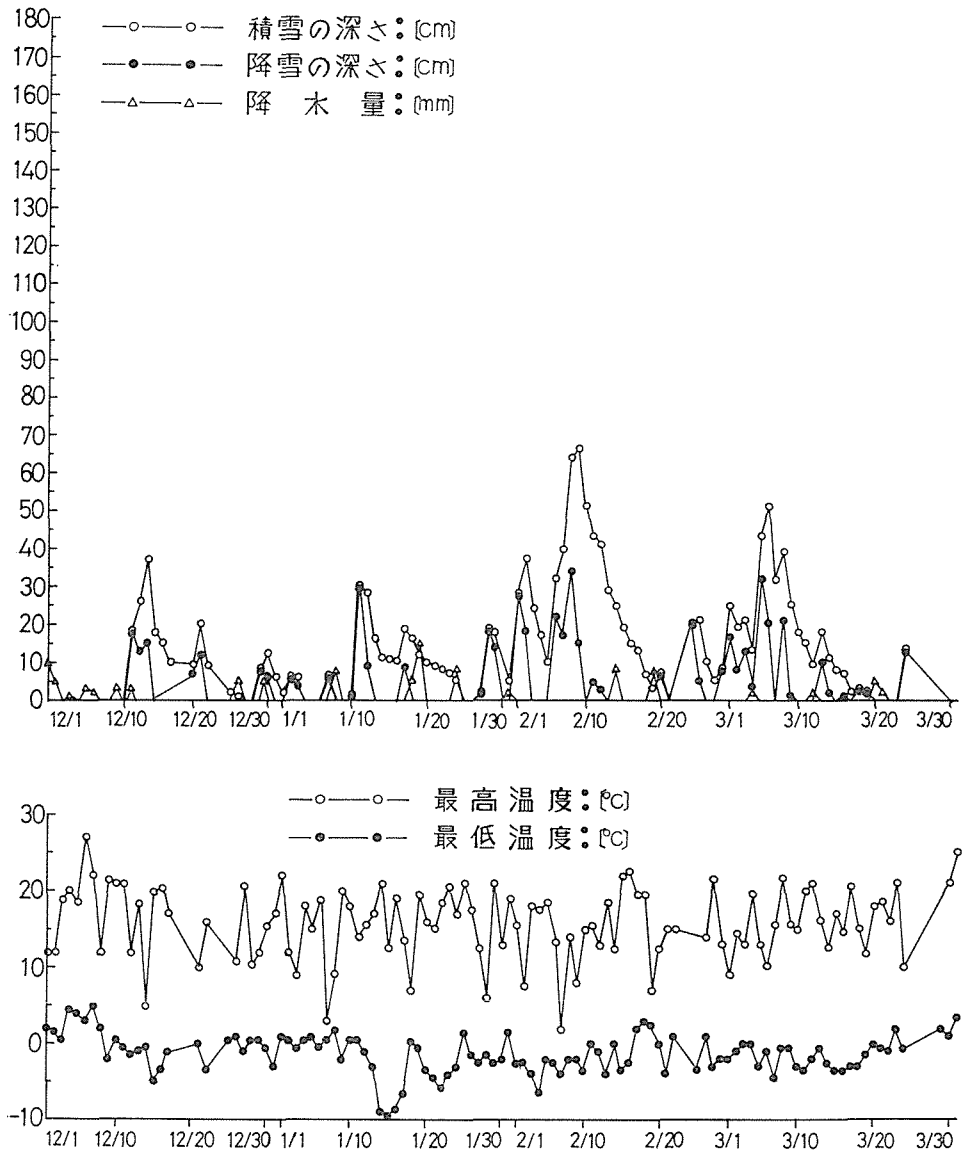
付 録

付図は，米沢市内における積雪，降雪，降水（雨）及び最高，最低温度を示している。
積雪，降雪（水）は平坦地で，周囲の影響の少ない地点で観測したものである。
温度は観測小屋（約5[m²]，トタン屋根，南側に約2[m²]のガラス窓あり）の中の北側の壁（日光直射せず）に掛けた最高最低温度計で測ったものである。



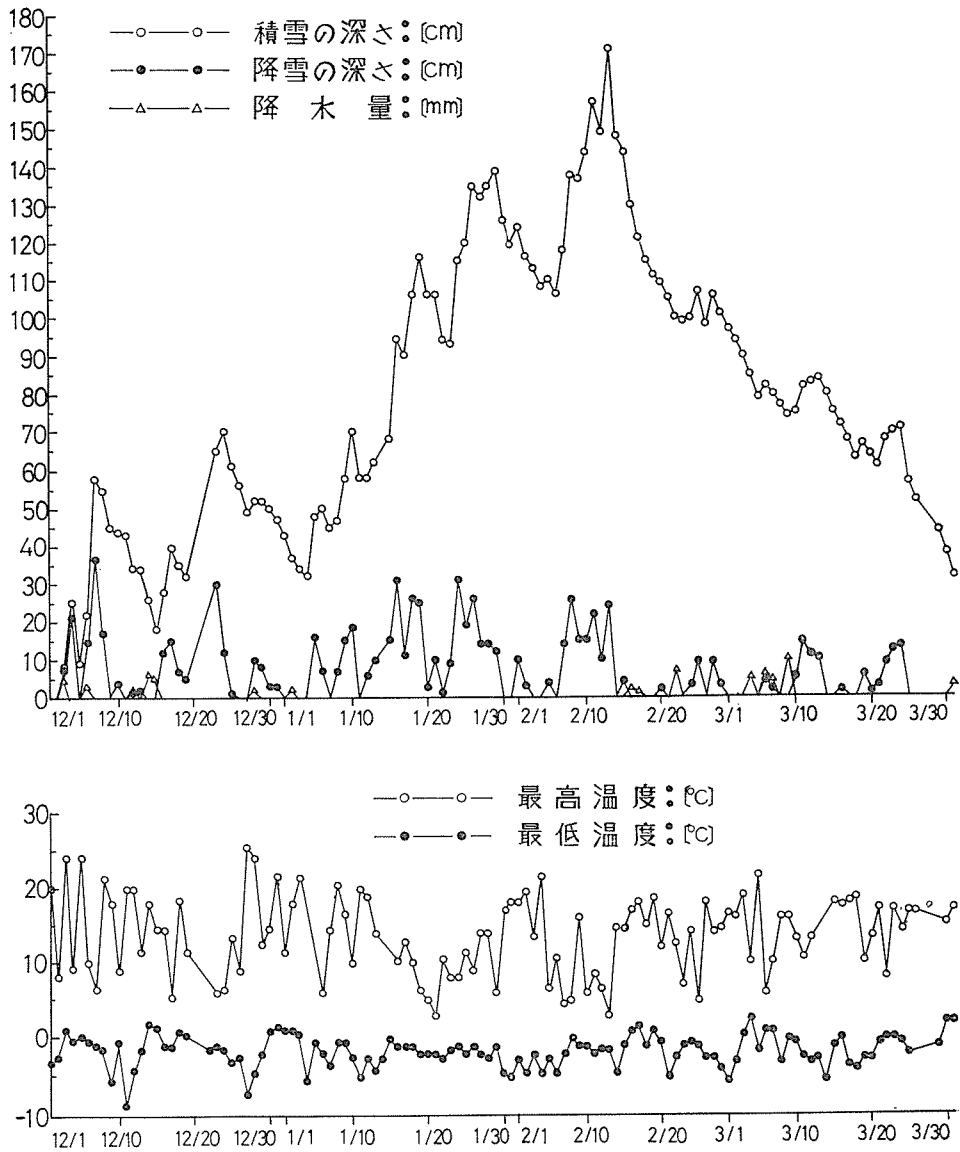
付図 A-1.a 過去6年間の米沢における降雪，積雪および最高，最低温度
（昭和46年12月～昭和47年3月）

Fig. A-1,a Daily depth of snowfall and snow cover and daily maximum-
minimum temperature in Yonezawa for the past six years
（December, 1971～March, 1972）



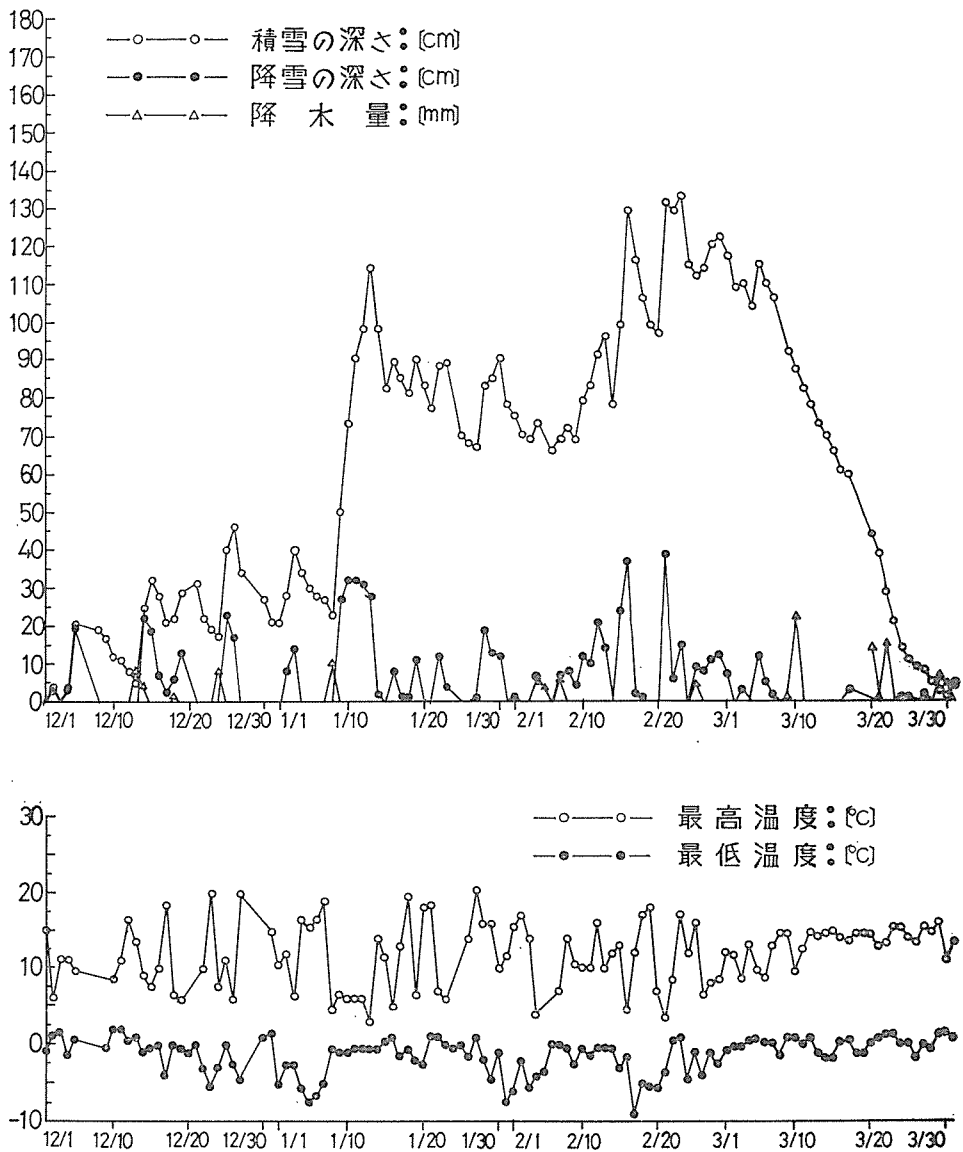
付図 A-1.b 過去6年間の米沢における降雪，積雪および最高，最低温度
(昭和47年12月～昭和48年3月)

Fig. A-1,b Daily depth of snowfall and snow cover and daily maximum-minimum temperature in Yonezawa for the past six years
(December, 1972~March, 1973)



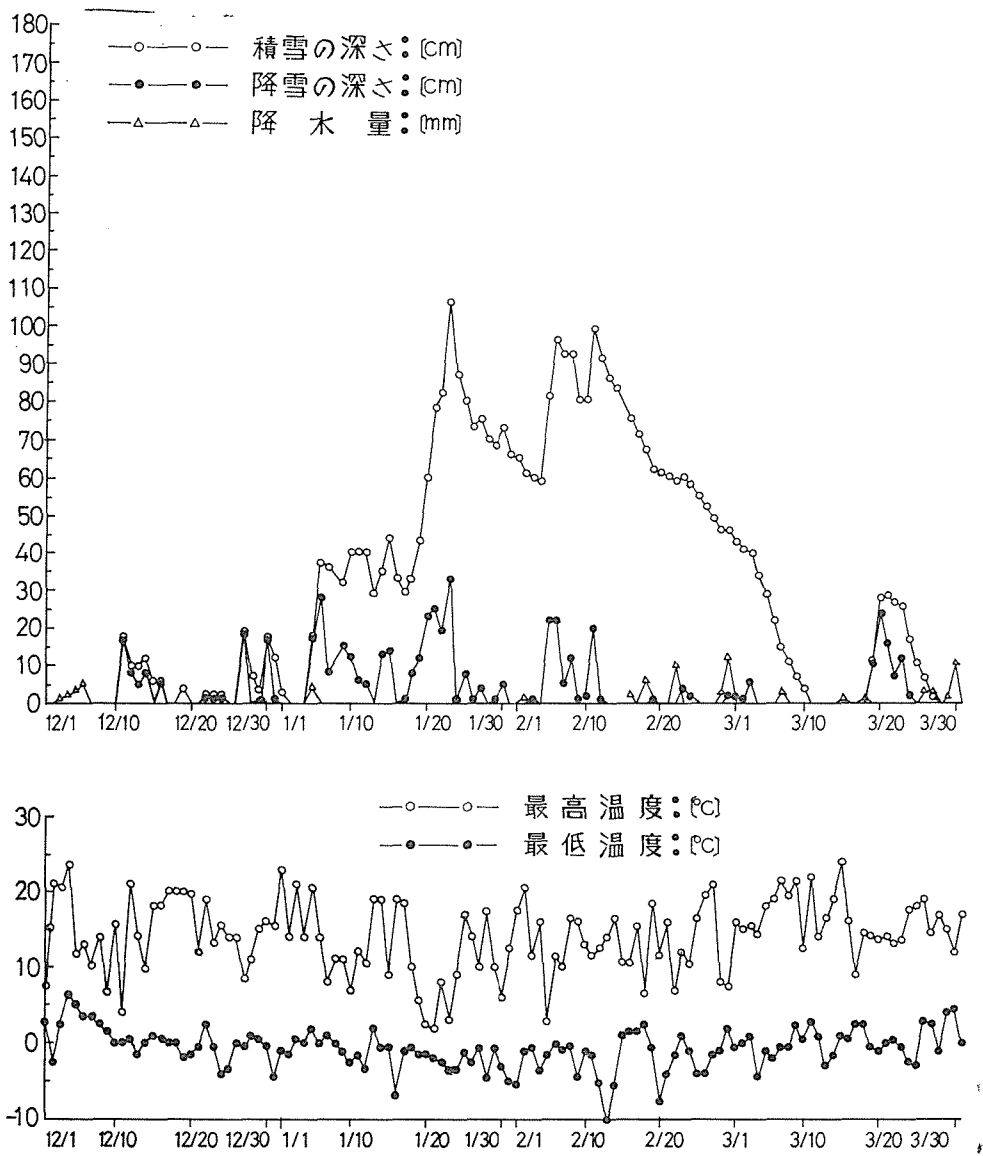
付図 A-1,c 過去6年間の米沢における降雪，積雪および最高，最低温度
(昭和48年12月～昭和49年3月)

Fig. A-1,c Daily depth of snowfall and snow cover and daily maximum-minimum temperature in Yonezawa for the past six years
(December, 1973～March, 1974)



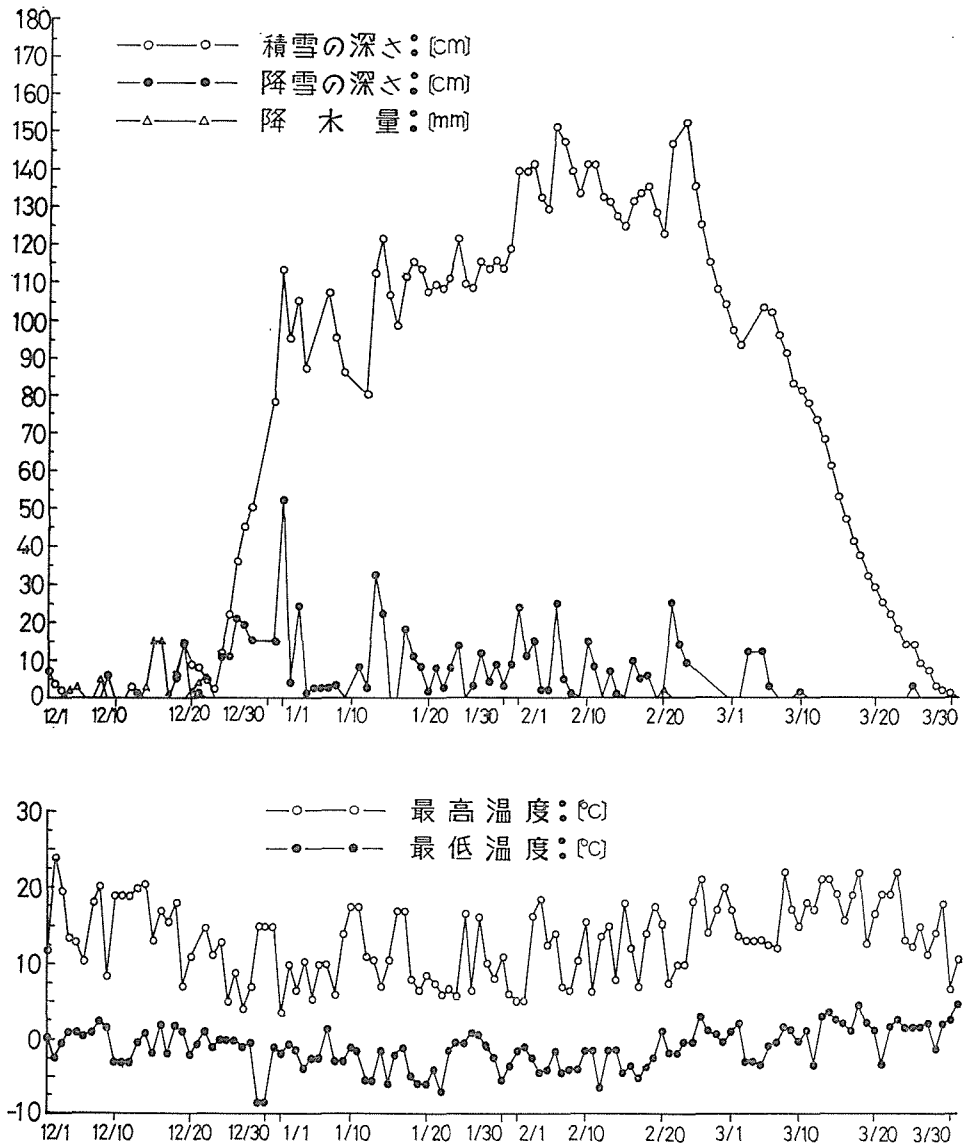
付図 A-1,d 過去6年間の米沢における降雪，積雪および最高，最低温度
(昭和49年12月～昭和50年3月)

Fig. A-1,d Daily depth of snowfall and snow cover and daily maximum-minimum temperature in Yonezawa for the past six years
(December, 1974~March, 1975)



付図 A-1,e 過去6年間の米沢における降雪、積雪および最高、最低温度
(昭和50年12月～昭和51年3月)

Fig. A-1,e Daily depth of snowfall and snow cover and daily maximum-minimum temperature in Yonezawa for the past six years
(December, 1975~March, 1976)



付図 A-1, f 過去6年間の米沢における降雪, 積雪および最高, 最低温度
(昭和51年12月～昭和52年3月)

Fig. A-1, f Daily depth of snowfall and snow cover and daily maximum-minimum temperature in Yonezawa for the past six years
(December, 1976~March, 1977)

Study on the Snow Melting System

Tsunetomo ANNO*, Ryoichi TAKANASHI**
and Shuji SAITO*

* Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering

** Department of Computer Engineering, Technical Junior College

This paper is concerned with a snow melting control system used roadheating which is operated automatically by the signals obtained from the conditions of meteorology and road surface. Presence of snowfall, atmospheric temperature, road temperature and presence of water on the road surface are selected for the conditions after general consideration.

The system was behaved well by the signal combined with the above conditions through two monthes of the depth of winter. An example of automatic operation of the system is illustrated with the sensing signals for each condition. And then, the prospects and the methodology for the snow melting system in future are discussed from the general point of view.